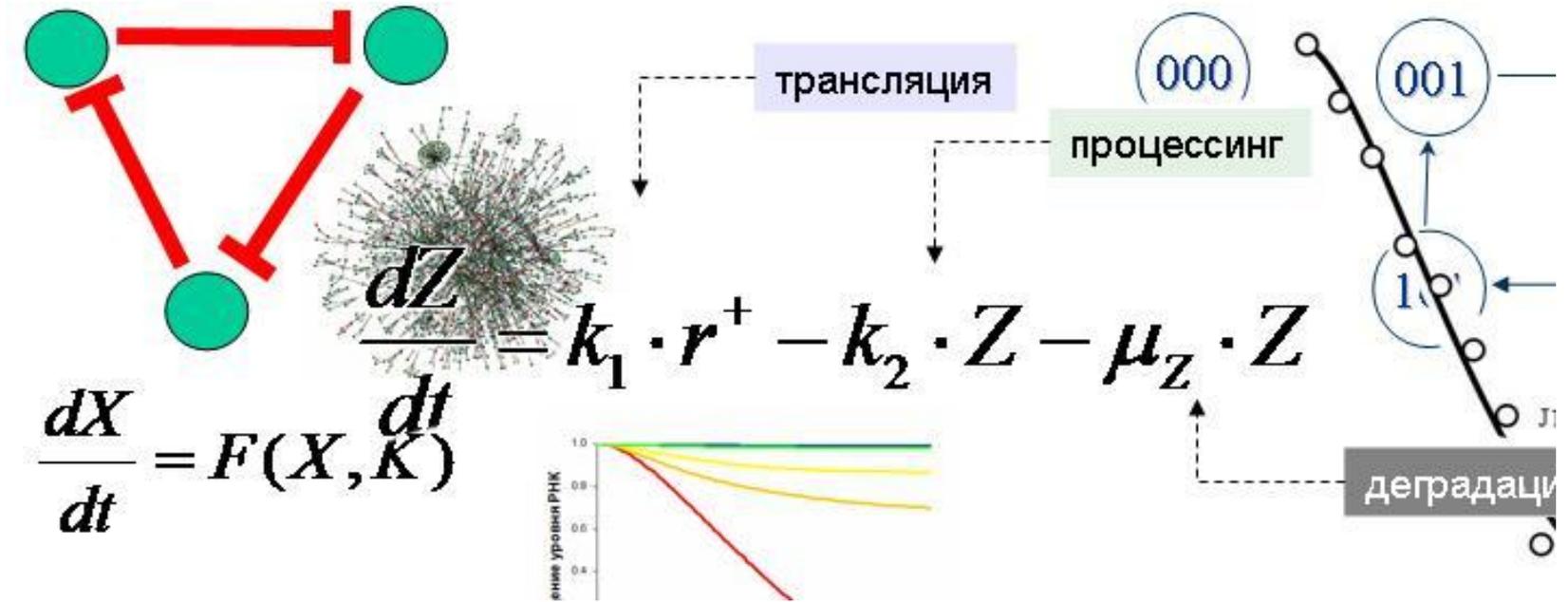


# Введение в системную биологию



**Соколик Анатолий Иосифович,**

доцент каф. клеточной биологии и  
биоинженерии растений

# **Предмет системной биологии – биологические системы**

Определение системы, классификация систем: линейные-нелинейные, живые-неживые.

Системный подход в биологии, биологические системы, их особенности.

Корпускулярные и жесткие системы, уровни организации.

Большое количество объектов окружающего мира, сложных, состоящих из составных частей, имеют в общем смысле нечто сходное, независимо от их онтологической, т.е. существенной, специфики.

Это сходства было отражено в понятии «**система**», что означает состоящий из частей.

Это общее дает возможность описать самые различные объекты с единой точки зрения – системный подход.

Система – комплекс элементов, находящихся во взаимодействии и единстве (Л. Берталанфи).

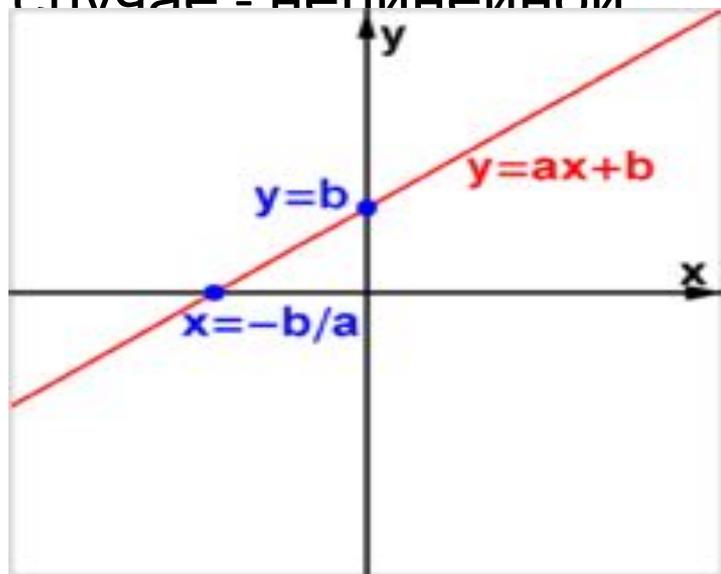
Отличительным (главным свойством) системы является ее целостность.

Можно выделить четыре основных свойства:

- система - совокупность элементов, которые сами могут рассматриваться как системы
- наличие существенных связей между элементами и (или) их свойствами, превосходящих по мощности (силе) связи этих элементов с элементами не входящими в данную систему
- наличие определенной организации, что проявляется в уровне энтропии (мере неопределенности, хаоса)
- существование интегративных свойств, т.е. присущих системе в целом, но не свойственных ни одному из ее элементов в отдельности

# Важное свойство систем – линейность

Система называется линейной, если она описывается линейными уравнениями (алгебраическими, дифференциальными, интегральными и т. п.), в противном случае – нелинейной



Для линейных

$$f(x+y) = f(x) + f(y)$$

$$f(\alpha x) = \alpha f(x)$$

**Дифференциальное уравнение** связывает значение производной функции с самой функцией, значениями независимой переменной, числами (параметрами)

Оно линейно, если неизвестная функция и её производные входят в уравнение в первой степени (и не перемножаются друг с другом)

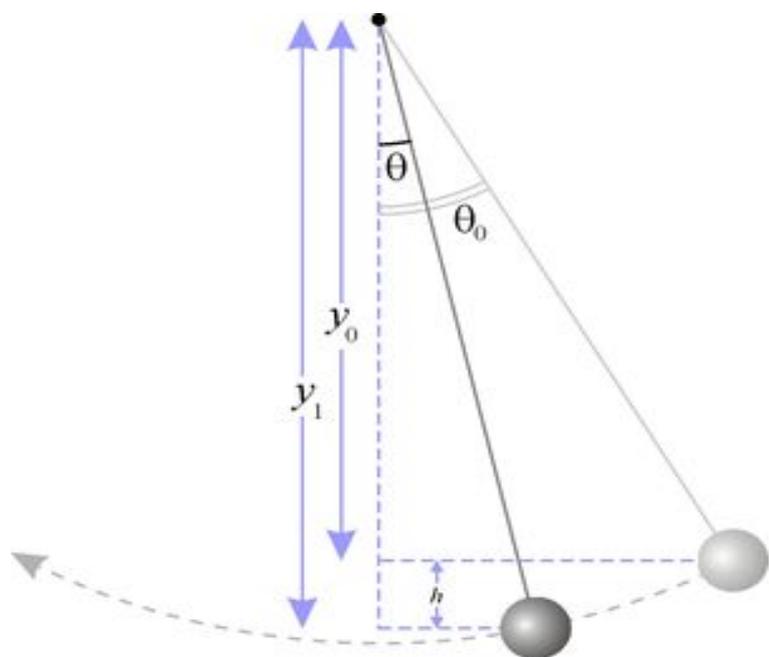
Для линейных систем справедлив принцип суперпозиции: реакция системы на любую комбинацию внешних воздействий равна сумме реакций на каждое из этих воздействий, поданных на систему порознь.

Большинство сложных систем являются нелинейными и для упрощения анализа систем применяют процедуру линеаризации, при которой нелинейную систему описывают приближенно линейными уравнениями в некоторой (рабочей) области изменения входных переменных.

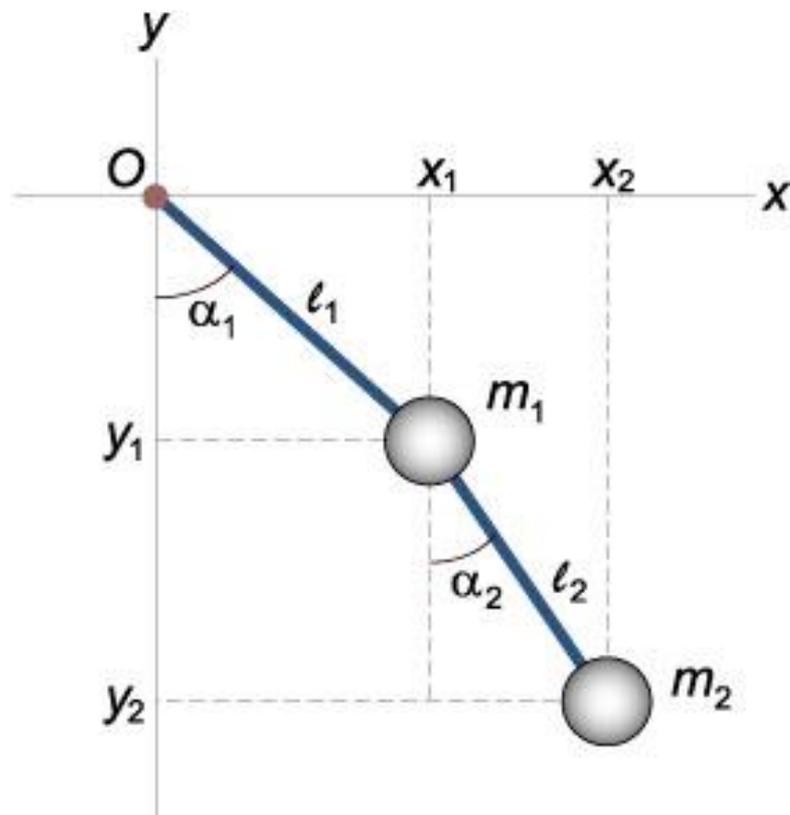
В системах происходят процессы – изменения со временем:

- будущее однозначно определяется прошлым
- будущее не зависит от прошлого
- будущее определяется прошлым (может быть предсказано) на небольшой промежуток времени.

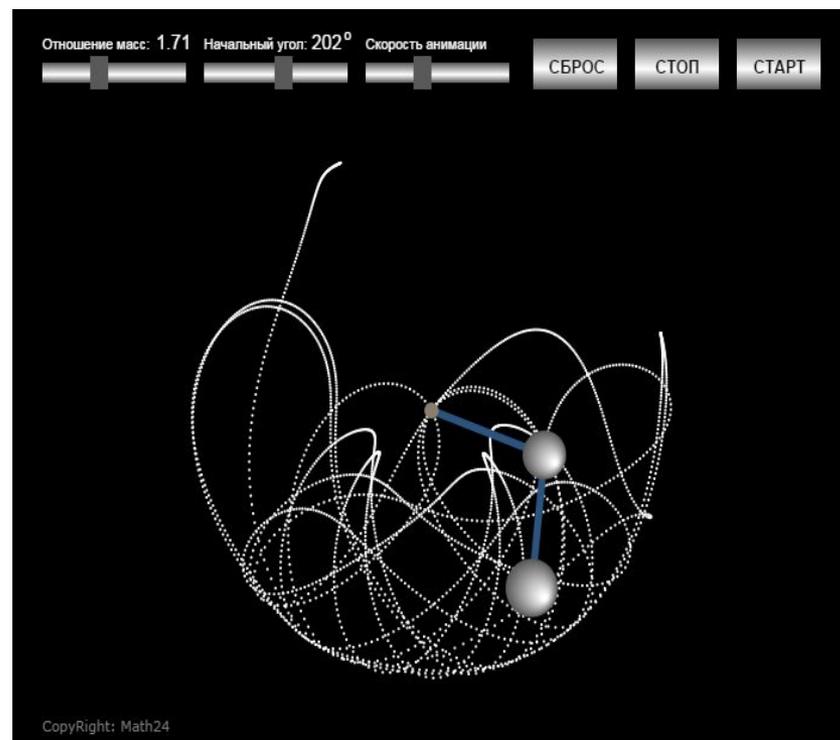
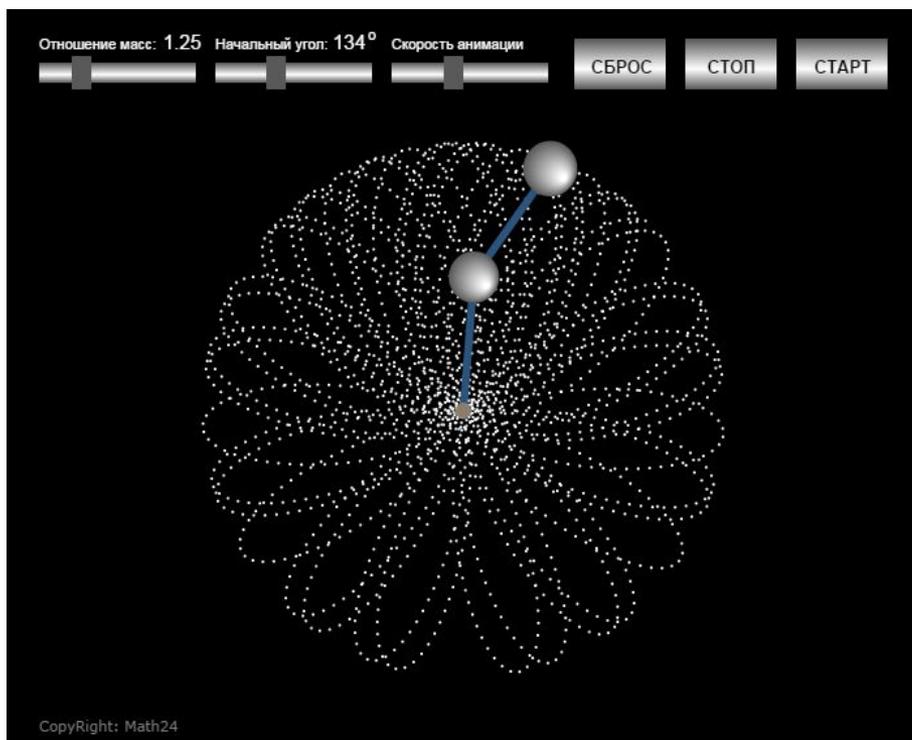
# Обыкновенный маятник



# Двойной маятник

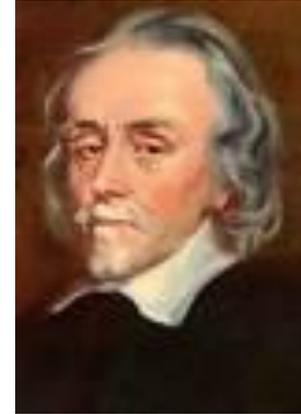


В зависимости от исходного положения маятника (прошлое для системы) изменяется ее поведение, от хаотического до регулярного.



## Системный подход в биологии

Систему кровообращения как систему в 1616 г. описал Вильям Гарвей



Карл Линней (1707-1778) систематизировал весь растительный и животный мир Земли. Он предложил систему научного наименования растений и животных.

По Берталанфи система – это комплекс взаимодействующих **элементов**.

**Элемент** – это далее неразложимый компонент системы при данном способе её рассмотрения.

**Структура** – это совокупность устойчивых связей между элементами.

Понятие **организация** характеризует уровень упорядоченности элементов

Согласно Берталанфи организм как система обладает следующими признаками:

Целостность, т.е. такой высокий уровень организованности, при котором свойства системы не сводятся к сумме свойств элементов.

Открытость, т.е. интенсивный обмен веществом, энергией, информацией между системой и внешней средой

Динамичность, т.е. постоянное обновление элементов системы, при сохранении общего равновесия и устойчивой структуры

Активность, т.е. существенное преобразование внешней среды.

Эквифинальность, т.е. способность приходить к одному и тому же результату разными путями, из разных начальных состояний

Сегодня системный подход позволил выделить уровни структурной организации материи.

В биологии такими уровнями являются органические макромолекулы, клетки, ткани, органы, системы органов, организмы, популяции, биоценозы и биосфера в целом.

Каждый уровень изучается соответствующими науками в составе биологии. В тоже время, системы разных уровней взаимосвязаны и не могут быть поняты в отдельности

Системный подход – это способ организации наших действий, который охватывает любой род деятельности, выявляя закономерности и взаимосвязи с целью их более эффективного использования.

## **Основные принципы системного подхода**

- Целостность, позволяющая рассматривать одновременно систему как целое и как подсистему для вышестоящих уровней.
- Иерархичность строения, то есть наличие множества элементов, расположенных на основе подчинения элементов низшего уровня элементам высшего уровня
- Структуризация, позволяющая анализировать элементы системы и их взаимосвязи в рамках конкретной организационной структуры.
- Множественность, позволяющая использовать множество кибернетических, экономических и математических моделей для описания отдельных элементов и системы в целом.
- Системность, свойство объекта обладать всеми признаками системы

Система - совокупность **взаимосвязанных** элементов, имеющая выход (цель), вход (ресурсы), **связь** с внешней средой, **обратные связи**.

Обратная связь - это процесс, приводящий к тому, что результат функционирования системы влияет на параметры, от которых зависит функционирование этой системы: на вход системы подаётся сигнал, пропорциональный её выходному сигналу.

Отрицательная обратная связь изменяет входной сигнал таким образом, чтобы противодействовать изменению выходного сигнала. Устойчивость повышается.

Положительная обратная связь усиливает изменение выходно-го сигнала. Система неустойчива, могут возникать колебания.

Пример – генерация нервного импульса на мембране

# Особенности биологических систем.

Классифицируя в самом общем виде наиболее распространенные биологические системы, можно выделить два крайних типа: первый можно назвать дискретным, или корпускулярным, а второй — жесткофиксированным.

**Дискретный:** Системы, состоящие из однотипных, более или менее взаимно заменимых слабо связанных единиц (эритроциты, популяции)

**Жесткофиксированный:** жестко фиксированные связи составляющих их элементов, наличие или функция каждого из которых является необходимым условием функционирования всей системы (глаз, система размножения из двух полов)

# Основные свойства живых систем:

1. Обмен веществ. Любая биологическая система является открытой системой. Это означает, что она не может существовать без обмена с внешней средой химическим веществом, энергией и информацией.
2. Самовоспроизведение с изменением. Любая биологическая система способна воспроизводить себе подобную.

# Признаки биологических систем:

1. Особенности химического состава. Биологические молекулы в неживой природе не обнаруживаются.
2. Биологические системы характеризуются такой высокой степенью упорядоченности, и строгой иерархичностью, которые никогда не встречаются в неживой природе.
3. Биологические системы представляют собой продукт реализации генетической программы строения, развития и функционирования.
4. Биологические системы поглощают высокоорганизованную энергию (в виде химической или световой энергии) и выделяют низкоорганизованную (в виде тепла). Разность в уровне организации энергии используется для повышения уровня организации биологических структур.

5. Биологические системы – это саморегулирующиеся системы, способные поддерживать свою структуру в условиях изменяющейся внешней среды. Саморегуляция биологических систем осуществляется обратными связями между их элементами.

6. Рост и развитие. Рост - накопление количественных изменений (увеличение объема, массы, числа клеток). Развитие - переход количественных изменений в качественные (появление новых органов и новых функций)

7. Целостность и дискретность. Любая биологическая система является целостной системой, реагирующей на воздействия как единое целое. В то же время, биологические системы одного уровня дискретны, то есть более или менее отграничены друг от друга.

# Классификация систем

Тип системы	Уровень сложности	Примеры
Неживые системы	статические структуры (остовы)	кристаллы
	простые динамические структуры с заданным законом поведения	Река, часовой механизм
	кибернетические системы с управляемыми циклами обратной связи	термостат
Живые системы	открытые системы с самосохраняемой структурой (первая ступень, на которой возможно разделение на живое и неживое)	клетки
	живые организмы с низкой способностью воспринимать информацию	растения
	живые организмы с более развитой способностью воспринимать информацию, но не обладающие самосознанием	животные
	системы, характеризующиеся самосознанием, мышлением и нетривиальным поведением	люди
	социальные системы	организации
	трансцендентные системы или системы, лежащие в	-

# **Живые системы подразделяются по уровням организации:**

молекулярный,  
организменный,  
популяционно-видовой  
биогеоценотический (биосферный).

Более детализированная классификация может включать клеточный, тканевый и другие уровни организации.

За пределами биологии существуют уровни более низкие, чем молекулы, – атомы, электроны, протоны и др. ядерные частицы, а также более высокие, чем биосфера, – Земля, небесные тела, космос.

При усложнении организации система низшего уровня организации входит в систему, следующую за ней, последняя – в ещё более высокую – это иерархия.

## **. Два важных уровня организации живых систем**

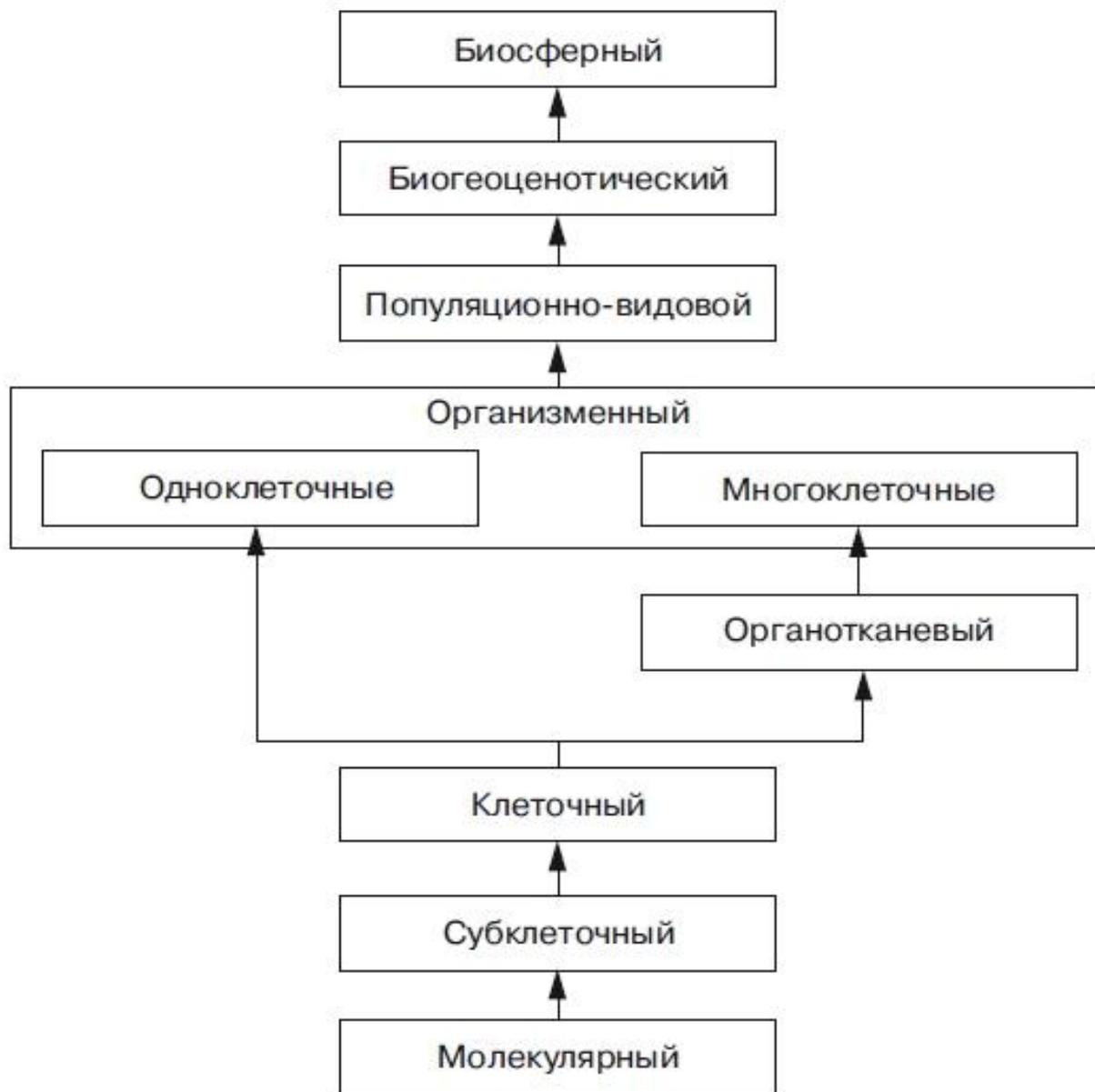
**Онтогенетический уровень** организации относится к отдельным живым организмам — одноклеточным и многоклеточным. Его называют также организменным уровнем

**Популяционный уровень** начинается с изучения взаимосвязи и взаимодействия между совокупностями особей одного вида, которые имеют единый генофонд и занимают единую территорию. Такие системы живых организмов, составляют популяцию. Популяционный уровень выходит за рамки отдельного организма, и поэтому его называют надорганизменным уровнем организации.

**Второй надорганизменный уровень** организации живого составляют различные системы популяций, которые называют **биоценозами**.

**Третий надорганизменный уровень** организации содержит в качестве элементов разные биоценозы и в еще большей степени характеризуется зависимостью от многочисленных земных и абиотических условий своего существования. Это **биогеоценоз**.

**Четвертый надорганизменный уровень** организации возникает из объединения самых разнообразных биогеоценозов и теперь обычно называется **биосферой**.



# Характеристика уровней организации живого

Уровень	Краткая характеристика
Молекулярный	Однообразие единиц организации. Наследственная информация у всех организмов заложена в молекулах ДНК, состоящей всего из 4 видов нуклеотидов. Все белки состоят из 20 аминокислот. Энергетические процессы связаны с универсальным «энергонасителем» — АТФ.
Субклеточный	Сравнительно невелико (несколько десятков) основных клеточных компонентов в про- и эукариотных клетках
Клеточный	Все множество живых существ подразделяется на две группы — прокариотические и эукариотические организмы. В основе - критерий принципиальной схемы строения клеток двух типов. Различия клеток у разных организмов не выходят за пределы этих двух типов клеточной организации
Органо-тканевый	Совокупность клеток, идентичных по строению и функциям, составляет ткань. У многоклеточных животных выделяют всего четыре основные ткани (эпителиальные, соединительные, нервная, мышечная), у растений их шесть (покровные, основные, механические, проводящие, выделительные, образовательные)
Организменный	Характеризуется большим разнообразием форм
Видовой	Сегодня наукой описано более 2 млн. видов живых организмов

.

# **Системная биология (systems biology)**